

DESERTEC: Flexibler Strom aus Sonnenenergie

Franz Trieb
DLR-Institut für Technische Thermodynamik

Karlsruhe, 14.06.2012



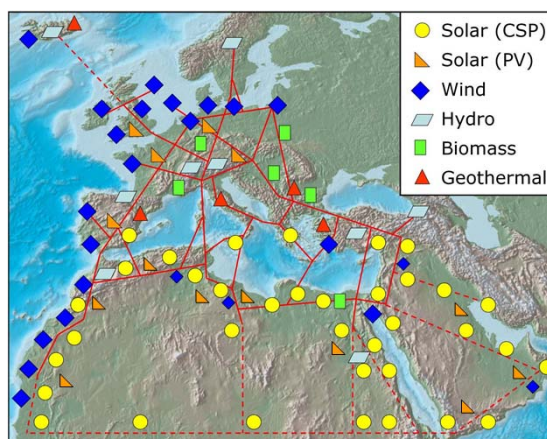
DESERTEC Vision 2003

Dem Wechselstromnetz überlagerte HGÜ-Stromautobahnen
verbinden gute Produktionsstandorte mit großen Verbrauchszentren

TREC
Clean Power from the Deserts
Trans-Mediterranean
Renewable Energy Cooperation
In conjunction with The Club of Rome



EUMENA:
Europe
Middle East
North Africa



www.desertec.org

Die Begriffe DESERTEC und EUMENA wurden erstmals von Dr. Gerhard Knies eingeführt



DLR-Studien 2004 – 2007

Ermittlung der erneuerbaren Energiepotentiale für die nachhaltige Produktion von Elektrizität und Trinkwasser in 50 Ländern Europas, Nordafrikas und des Mittleren Ostens unter Berücksichtigung der Option solarthermischer Kraftwerke.



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



www.dlr.de/tt/trans-csp

www.DLR.de • Folie 4

Zielfunktion: Nachhaltige Energieversorgung

✓ **sicher**

verschiedene, sich ergänzende Quellen und Reserven
Lastdeckung nach Bedarf
langfristig verfügbare Ressourcen
bereits sichtbare und zeitnah ausbaubare Technologie

✓ **kostengünstig**

niedrige Kosten
keine langfristigen Subventionen

✓ **umwelt- und sozial kompatibel**

geringe Emissionen
Klimaschutz
geringe Risiken
fairer Zugang



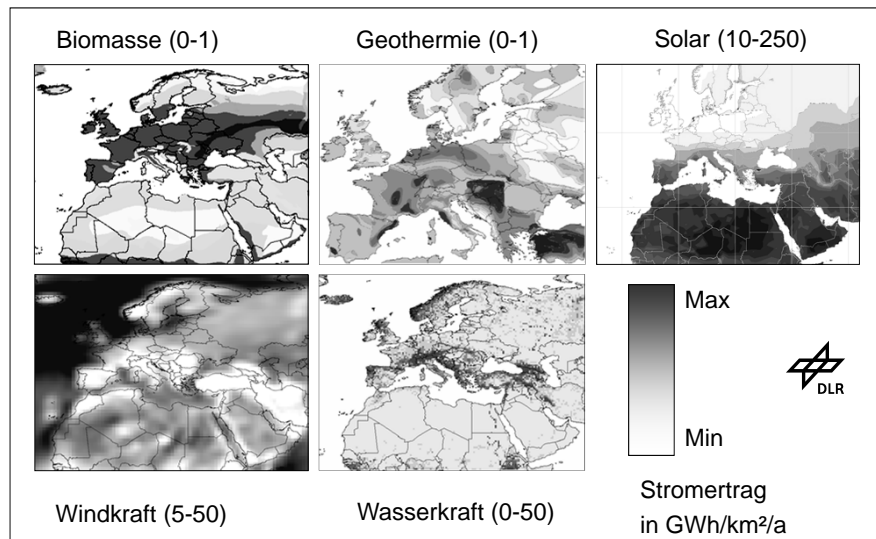
HGF Studie 2001 „Global zukunftsfähige Entwicklung“

Portfolio der Stromerzeugung

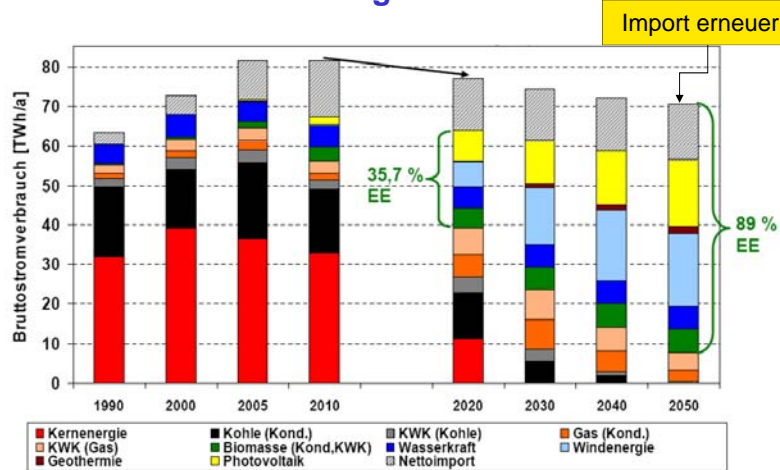
✓ Kohle, Braunkohle	}	... ideal gespeicherte Energieträger
✓ Erdöl, Erdgas		
✓ Kernspaltung, Kernfusion	}	... speicherbare Energieträger
✓ Wasserkraft		
✓ Biomasse		
✓ Solarthermische Kraftwerke		
✓ Geothermie (Hot Dry Rock)	}	... fluktuierende Energieträger
✓ Windenergie		
✓ Photovoltaik		
✓ Wellen / Gezeiten		



Erneuerbare Energiepotenziale in EUMENA



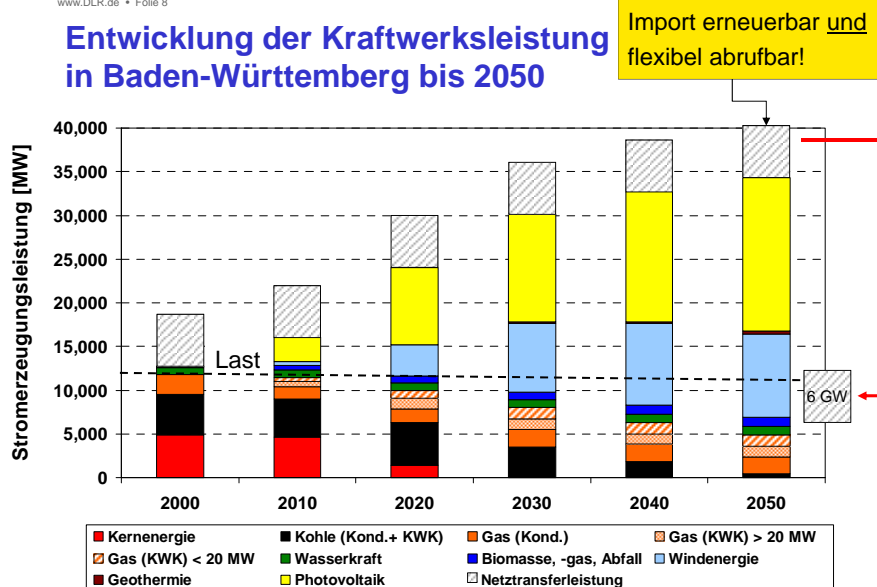
Entwicklung der Bruttostromerzeugung in Baden-Württemberg bis 2050



http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/90866/Gutachten_zum%20Klimaschutzgesetz_BW_2012-02-03.pdf



Entwicklung der Kraftwerksleistung in Baden-Württemberg bis 2050

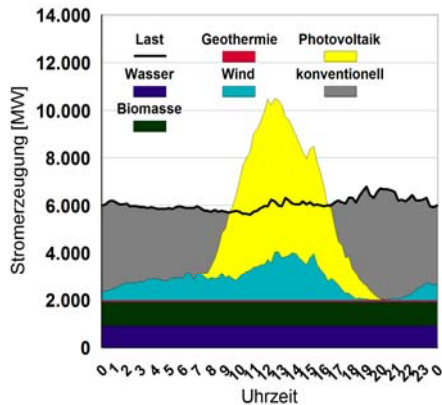


http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/90866/Gutachten_zum%20Klimaschutzgesetz_BW_2012-02-03.pdf

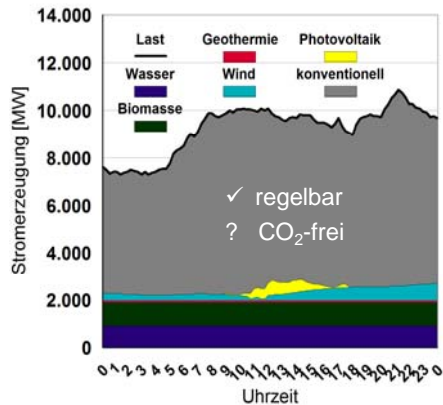


Zunehmende Flexibilität konventioneller Kraftwerke und des Netzmanagements gefordert

Sonntag, 30. August 2020



Montag, 23. November 2020



ZSW, Joachim Nitsch, 2012

Flexibilitätsoptionen für den weiteren Ausbau Erneuerbarer Energie

1. Abbau unflexibler konventioneller Leistung (Kernkraft, Braunkohle)
2. Flexible Kraftwerke auf der Basis von Erdgas
3. Netzausbau für Stromimport und -export
4. Ausbau flexibler Erneuerbarer (Biomasse, Speicherwasserkraft)
5. Speicher (Pumpspeicher, Druckluftspeicher, Wasserstoff, Methan)
6. Stromgeführte Kraft-Wärme-Kopplung mit Wärmespeicher
7. Lastmanagement (intelligente Verbraucher und Netze)
8. Import flexibler Erneuerbarer (DESERTEC, Speicherwasserkraft)



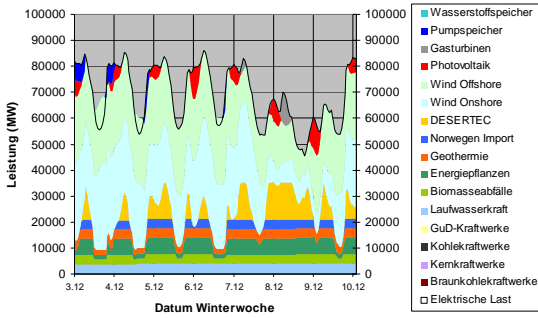
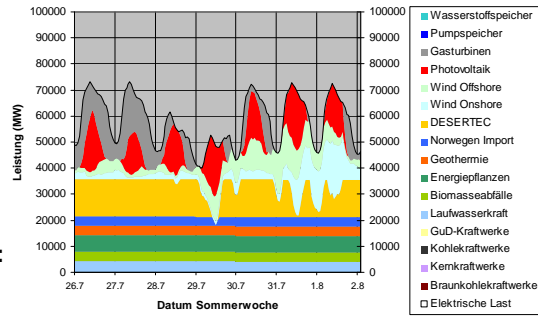
http://erneuerbare-energien.de/erneuerbare_energien/doc/48514.php

Deutschland 2050

Die Rolle variabler und flexibler Energiequellen in einem 90% EE Szenario für Deutschland für 2050.

Installierte Leistung: Energie:

Photovoltaik:	45 GW	} 50% var. EE
Wind Onshore:	40 GW	
Wind Offshore:	27 GW	
Laufwasser:	6 GW	} 40% flex. EE
DESERTEC:	16 GW	
Import Norwegen	4 GW	
Geothermie:	4 GW	} 10% flex. konv.
Biomasse:	7 GW	
Abfälle:	4 GW	
Pumpspeicher:	9 GW	
Erdgas:	63 GW	



Energy Policy, eingereicht April 2012

Strommix der Zukunft

Leistung (GW)

Energie (GWh/a)

Spitzenlast 100%

Variable EE ~ 100%

Flexible EE + Fossil > 100%

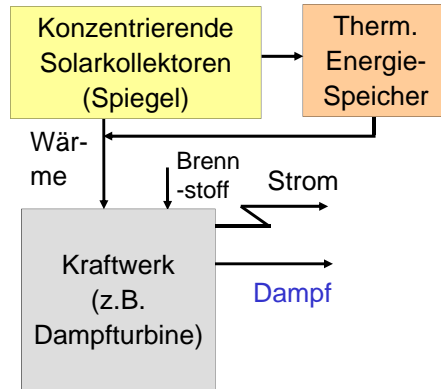
Strombedarf 100%

Vari. EE 50%

Flex. EE 50%



Prinzip eines solarthermischen Kraftwerks



- ✓ Sonnenenergie ersetzt Brennstoff
- ✓ Sekundenreserve
- ✓ Regelleistung nach Bedarf
- ✓ Kraft-Wärme-Kopplung für Wasserentsalzung, Kälte, Fernwärme, Industrie



ANDASOL 1+2, Guadix, Spanien,
je 50 MW, 7 Std. Speicher
3500 Volllaststunden pro Jahr



<http://de.wikipedia.org/wiki/Andasol>



Gemasolar
 Sevilla, Spanien
 20 MW
 15 Std. Speicher
 5500 Volllast-
 stunden pro
 Jahr



Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung in China



Spannung: ± 800.000 Volt
 Leistung: 6400 Megawatt
 Quelle: Wasserkraft
 Verluste: 7%
 Bauzeit: 2009 - 2011
 Kosten HGÜ: 400 €/kW
 Kosten WK: 4000 €/kW



<http://www.abb.com> <http://www.siemens.com>

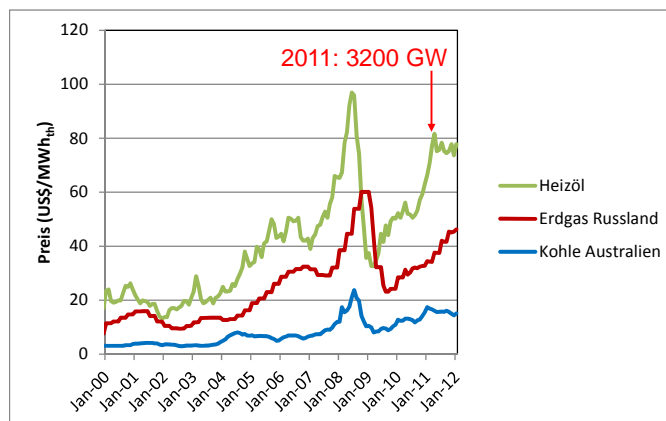
Technische Voraussetzungen für die Energiewende

1. Gut regelbare Kraftwerke auf der Basis fossiler Brennstoffe.
2. Gut regelbare Kraftwerke auf der Basis erneuerbarer Energiequellen bis spätestens 2020 erschließen:
Speicherwasserkraft, Biomasse, Geothermie, DESERTEC.
3. Einsatz aller weiteren verfügbaren Flexibilitätsoptionen wie Lastmanagement, Netzausbau, Stromspeicher, Power-to-Gas, usw.



www.dlr.de/tt/trans-csp

Entwicklung der Brennstoffpreise seit dem Jahr 2000



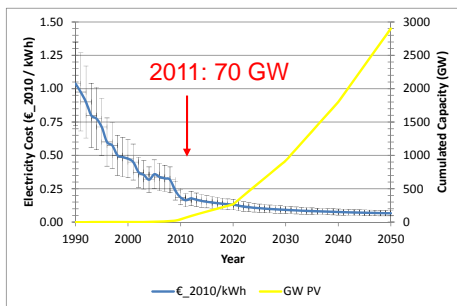
Umrechnung aus Originaldaten:
8.14 MWh_{th}/t Kraftwerkskohle
9.6 MWh_{th}/1000 m³ Erdgas
0.0392 MWh_{th}/gal Heizöl

www.indexmundi.com

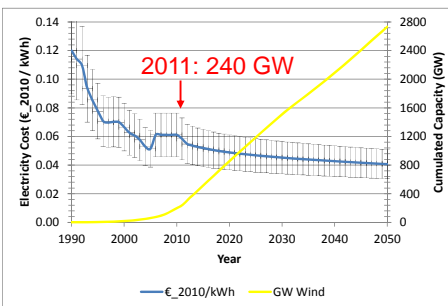


Erneuerbare Energiequellen wirtschaftlich erschließen heißt, in ihren Ausbau zu investieren, bis sie konkurrenzfähig sind:

Photovoltaik



Windkraft (on-shore)

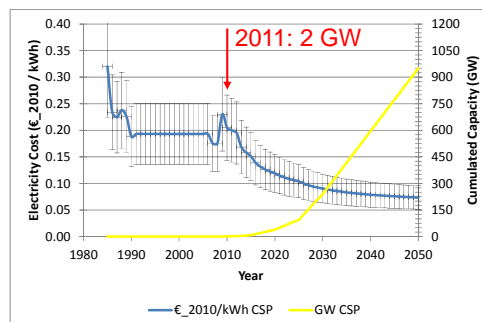


Quellen: IER, RISO, WWEA, eigene Berechnungen
Globaler Ausbau nach Energy (R)evolution, Greenpeace 2010
Lernraten: PV 18%, Windkraft 10%



Erneuerbare Energiequellen wirtschaftlich erschließen heißt, in ihren Ausbau zu investieren, bis sie konkurrenzfähig sind:

Solarthermische Kraftwerke



Quellen: KJC, Pilkington, DLR, AT Kearney, NREL, IEA, Greenpeace, eigene Berechnungen
Globaler Ausbau nach Trieb et al. 2011
Lernrate: solarthermische Kraftwerke 9%



Kostenvergleich Windkraft, Photovoltaik und DESERTEC: Sind Wind und PV wirklich billiger?

	Kosten 2020-2050 Wind / PV €cent ₂₀₁₀ /kWh	Kosten 2020-2050 DESERTEC €cent ₂₀₁₀ /kWh
Erzeugung	3-6 / 5-15	5-15
Ext. Speicher	0-25 *	0 / intern
Ext. Backup	0-15 *	0 / intern
Ext. Netzkosten	0-5 *	0 / intern
Fernübertragung	0-4	1-2
Gesamtkosten:	3-20 / 5-40	6-12

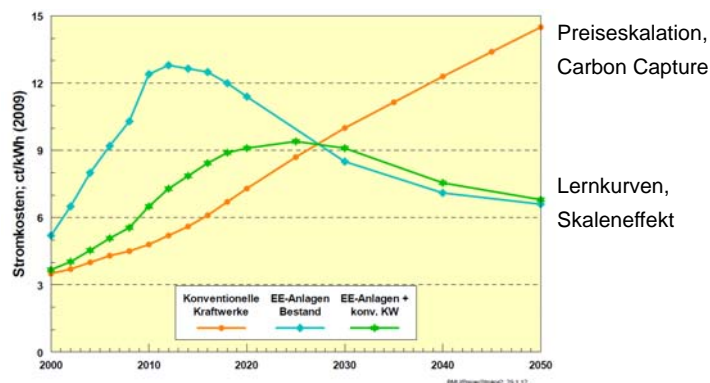
Quellen: AT Kearney, IER, eigene Berechnungen

* Zusatzkosten steigen mit dem jeweiligen Anteil an der Versorgung, nicht voll additiv



Langfristszenario Deutschland in der Leitstudie 2011:

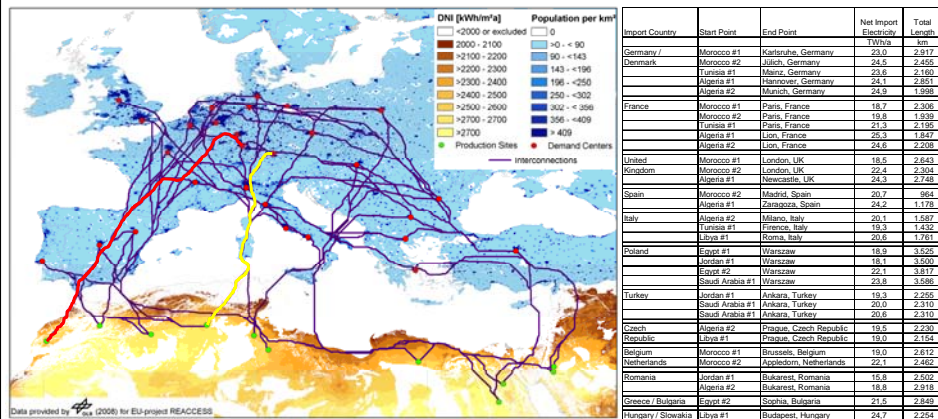
Nach anfänglicher Förderung führt der Ausbau erneuerbarer Energiequellen zu einer Stabilisierung der Energiepreise und zu einer Entlastung der öffentlichen und privaten Haushalte.



http://erneuerbare-energien.de/erneuerbare_energien/doc/48514.php



Modellierung des DESERTEC Konzepts 2012: Flexibler Solarstrom und 30 zusätzliche Energiekorridore für Europa



2020: Marrakech-Karlsruhe, 2917 km, 32 Mrd.€, 23 TWh/a, 12 ct/kWh (5% Realzins, 40 a)



Energy Policy 42 (2012) 341-353

Wirtschaftliche Voraussetzungen für Solarimporte

1. Konkurrenzfähigkeit mit alternativen CO₂-freien und flexiblen Stromquellen wie z.B. Kernenergieimporten aus den Nachbarländern.
2. Garantierter langfristiger Stromabnahmevertrag zu einem kostendeckenden Tarif, der Leistung, Funktion und Verfügbarkeit des Importstroms definiert.
3. Absicherung des Projekts auf AAA Rating zur Minimierung des Investitionsrisikos und damit der Kapitalkosten (Zinsen).



www.dlr.de/tt/trans-csp



Energie,
Wasser,
Nahrung,
Arbeit und
Einkommen

(Lebensraum)

für weitere
300 Mio.
Menschen
in MENA

(artist view created with
Google Earth)



Politische Voraussetzungen für Solarimporte

1. Politischer Wille in einer wirtschaftlich starken Importregion (erneuerbare Regelenenergie) und in einer verlässlichen Exportregion (Lebensraum).
2. Zustimmung der Transitländer (gemeinsame Entwicklung und Kooperation in EUMENA).
3. Geeignete politische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für Investoren und Industrie.



Zeit für Tacheles

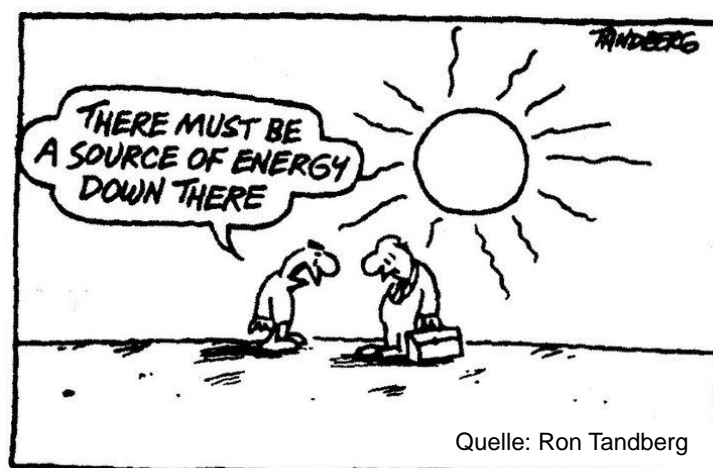
Nordafrika und die Mittelmeerunion erwarten jetzt ein deutliches Signal aus Europa:

- Wer kauft flexiblen Solarstrom zu welchem Tarif?
- Wer sind die DESERTEC Partnerstädte in EUMENA?
- Wer übernimmt die Risikobegrenzung auf AAA?
- Welcher der 4 Motoren Europas springt als erster an?

→ BaWü hat alle Voraussetzungen und den Bedarf.



Vielen Dank!



www.dlr.de/desertec

